

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades

DESARROLLO DE UN ALIMENTO  
DE ALTO VALOR NUTRICIONAL DIRIGIDO A NIÑOS  
ENTRE 6 Y 24 MESES DE EDAD

LISI MARIELA VON ANSHELM MÖLLER BERREONDO

Guatemala  
2004



DESARROLLO DE UN ALIMENTO  
DE ALTO VALOR NUTRICIONAL DIRIGIDO A NIÑOS  
ENTRE 6 Y 24 MESES DE EDAD

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades

**DESARROLLO DE UN ALIMENTO  
DE ALTO VALOR NUTRICIONAL DIRIGIDO A NIÑOS  
ENTRE 6 Y 24 MESES DE EDAD**

Trabajo de investigación  
presentado por Lisi Mariela von Anshelm-Möller Berreondo  
para optar al grado académico de  
MaSc en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Guatemala  
2004

Vo.Bo.:

(f) \_\_\_\_\_  
Doctor Ricardo Bressani  
Asesor

Tribunal:

(f) \_\_\_\_\_  
Doctor Ricardo Bressani

(f) \_\_\_\_\_  
Licenciada Patricia de Palomo

(f) \_\_\_\_\_  
Licenciada Ana Silvia de Colmenares

Fecha de aprobación: 25 de octubre de 2004

# CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	I
RESUMEN .....	II
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. ANTECEDENTES.....	3
A. ALIMENTOS PARA NIÑOS .....	3
B. CEREALES .....	5
C. LEGUMINOSAS .....	6
D. OLEAGINOSAS.....	7
E. AMARANTO .....	8
F. BANANO.....	8
G. FORMAS DE PROCESAMIENTO.....	9
H. SISTEMA CEREAL-LEGUMINOSA-OLEAGINOSA.....	10
I. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES EN GUATEMALA.....	10
IV. OBJETIVOS.....	11
A. OBJETIVO GENERAL .....	11
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
A. MATERIAS PRIMAS.....	12
B. FORMULACIONES .....	13
C. EQUIPO .....	14
D. PROCEDIMIENTO .....	15
E. ANÁLISIS QUÍMICOS.....	15

F. ANÁLISIS FÍSICOS .....	16
G. ANÁLISIS SENSORIAL.....	17
H. ENSAYO BIOLÓGICO.....	18
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
A. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	19
B. TAMAÑO DE MUESTRA.....	19
C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	19
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
A. PREPARACIÓN DE LOS INGREDIENTES .....	20
B. CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES EN INGREDIENTES .....	21
C. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LAS FORMULACIONES.....	25
D. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS FORMULACIONES.....	30
E. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEÍNICAS DE LAS FORMULACIONES	31
VIII. CONCLUSIONES .....	34
IX. RECOMENDACIONES.....	35
X. BIBLIOGRAFÍA.....	36

## LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1 Estándares para preparados alimenticios para lactantes de más edad y niños pequeños .....	3
Tabla No. 2 Necesidades diarias de vitaminas y minerales .....	4
Tabla No 3 Porcentaje de cada ingrediente para las cinco fórmulas propuestas.....	14
Tabla No. 4 Rendimiento deshidratado de banano.....	20
Tabla No. 5 Rendimiento preparación de gandul y piloy.....	20
Tabla No. 6 Harina de maíz.....	21
Tabla No. 7 Harina de amaranto cocido .....	22
Tabla No. 8 Harina de gandul cocido.....	22
Tabla No. 9 Harina de piloy cocido.....	23
Tabla No. 10 Harina de banano.....	23
Tabla No. 11 Ajonjolí .....	24
Tabla No. 12 Harina de soya .....	24
Tabla No. 13 Composición química proximal de las formulaciones .....	25
Tabla No. 14 pH y acidez .....	26
Tabla No.15 Granulometría .....	27
Tabla No. 16 Propiedades físicas de las formulaciones.....	27
Tabla No.17 Sedimentación de las formulaciones crudas.....	29
Tabla No. 18 Sedimentación formulaciones cocidas.....	29
Tabla No. 19 Test de aceptabilidad .....	30
Tabla No. 20 Test de preferencia .....	31
Tabla 21 Composición de las dietas experimentales .....	31
Tabla 22 Aumento en peso, digestibilidad, PER y NPR de las formulaciones y de caseína.....	32

## RESUMEN

Los preparados alimenticios son el resultado de la mezcla de harinas de cereal (maíz) con leguminosas (gandul o piloy). Además se preparó la fórmula con maíz, amaranto y las leguminosas y la fórmula de banano con leguminosas. A todas se le agregó la semilla de ajonjolí molida, por su aporte calórico. La preparación de las mismas fue realizada con las leguminosas procesadas por cocción. Las cinco mezclas fueron preparadas y analizadas química, física, biológica y sensorialmente, de manera que al final del estudio se seleccionó la mezcla que presente mejores resultados en los diferentes análisis. Los análisis mostraron que tanto las leguminosas como el amaranto poseen buena cantidad de proteína. En los análisis químicos, todas las fórmulas presentaron niveles aceptables de grasa y proteína, pero tres de ellas superaron los valores recomendados en la norma para la fibra cruda, para lactantes y niños pequeños. Es las fórmulas (No. 6, 8 y 9) pueden ser consideradas para alimentos para niños mayores. Al analizar las muestras, todas mostraron una buena calidad de proteína, dando valores de NPR entre 3.07 a 3.51; PER, entre 2.55 y 3.04 y digestibilidad, entre 79.14 y 86.12%. El NPR y PER fueron mayores en la formulación número 1 que contiene principalmente maíz y gandul y además presentó mejor aceptación en la evaluación sensorial, por lo que se considera la seleccionada en la presente investigación.

## I. INTRODUCCIÓN

La desnutrición en Guatemala afecta a un 49.3% de la población infantil mayormente en las áreas más pobres. La necesidad de encontrar medios eficaces para mejorar la nutrición en estos niños, se ha vuelto más aguda. Las necesidades nutricionales de los infantes son particularmente grandes por su grado de crecimiento rápido. Luego del período de lactancia materna, es difícil cubrir los requerimientos nutricionales con una dieta basada principalmente en maíz, afectado el crecimiento y desarrollo tanto físico como mental del niño lo que repercutirá negativamente en su vida adulta.

El desarrollo de bebidas o alimentos de mezclas vegetales no es nada nuevo en Guatemala, el propósito de esta investigación es estudiar nuevas mezclas con nuevas materias primas producidas localmente que sean de bajo costo y aceptadas por sus futuros consumidores. Estos preparados deben cumplir con los requerimientos nutricionales de niños entre 6 y 24 meses según la normativa internacional. Estas bebidas son conocidas comúnmente como atoles y generalmente son muy aceptadas por la población a la que se pretende dirigir el producto.

Los preparados alimenticios propuestos son el resultado de la mezcla de harinas de cereal (maíz) con leguminosas (gandul o piloy), soya, amaranto, banano y ajonjolí. Las leguminosas fueron cocidas antes de su utilización. Las cinco mezclas fueron preparadas y analizadas química, física, biológica y sensorialmente, de manera que al final del estudio se seleccionó la mezcla que presentó mejores resultados.

## II. JUSTIFICACIÓN

La formulación de preparados alimenticios para infantes luego del período de destete, es un esfuerzo que pretende ayudar a disminuir el problema de desnutrición que afecta a gran parte de la población infantil en nuestro país. Con esta investigación se desea obtener un alimento de alto valor nutricional preparado con materiales producidos localmente de excelente calidad nutricional a un bajo costo. Además se pretende aprovechar cultivos como el amaranto y leguminosas como el gandul y el piloy. Estos materiales presentan muy buena calidad nutricional y aportan aminoácidos esenciales que complementan las proteínas de los cereales. De esta manera, se podría beneficiar a la agroindustria promocionando el cultivo y la utilización de estos productos.

Por otro lado, también se estudiarán los efectos de los diferentes procesos de preparación de las leguminosas y el amaranto (cocción, tostado) y la influencia que éstos tienen sobre la calidad nutricional en las mezclas finales.

### III. ANTECEDENTES

#### A. ALIMENTOS PARA NIÑOS

Los preparados alimenticios complementarios para lactantes de más edad y de niños pequeños, se entienden como todo alimento apropiado utilizado durante el período de destete del lactante y para alimentación de los niños pequeños como complemento de la leche materna o de los sucedáneos de la leche materna o de otros alimentos disponibles en el país donde se vende el producto. No son idóneos para los niños antes del comienzo del período de destete. Estos alimentos proporcionan los nutrientes que faltan o que están presentes en cantidades insuficientes en los alimentos básicos. Por lactantes de más edad se entienden los niños entre 6 y 12 meses de edad y por niños pequeños, se entienden los niños desde la edad de 12 meses hasta la edad de tres años (Codex Alimentarius, 1991).

Según el Codex Alimentarius (1991), este tipo de productos tiene por objeto suministrar energía y nutrientes adicionales a los alimentos básicos utilizados para alimentación de lactantes de más edad y niños pequeños. El Codex también considera que cien gramos del producto es una dosis razonable para ser ingerida fácilmente en dos o más comidas.

Los estándares propuestos en el Codex Alimentarius (1991) para los preparados alimenticios por 100 gramos son los siguientes:

**Tabla No. 1**  
**Estándares para preparados alimenticios para lactantes de más edad y niños pequeños**

Energía	400 Kcal
Proteínas	15 g
Grasa	10 – 25g
Fibra	5g máx

(Codex Alimentarius, 1991)

En cuanto a las proteínas, el cómputo de aminoácidos corregido de acuerdo con la digestibilidad verdadera de las proteínas brutas no deberá ser inferior al 70% del de la caseína. (Codex Alimentarius, 1991).

En la tabla No. 2 se enumeran las vitaminas y minerales que con mayor frecuencia suelen ser insuficientes en los lactantes de más edad y de niños pequeños y deberían tomarse en cuenta en la formulación de alimentos complementarios. A fin de determinar la cantidad de nutrientes que vayan a añadirse, se tomarán en cuenta las condiciones locales, incluida la contribución a la dieta de los nutrientes contenidos en los alimentos básicos locales, el estado nutricional de la población prevista y la legislación nacional. Cuando un alimento se complementa con uno o más de estos nutrientes, la cantidad total de vitamina o mineral contenida en 100 g de alimento en seco será equivalente por lo menos a 2/3 de la necesidad diaria de referencia.

**Tabla No. 2**  
**Necesidades diarias de vitaminas y minerales**

NUTRIENTES	NECESIDADES DIARIAS DE REFERENCIA
Vitamina A	400 µg equivalentes de retinol
Vitamina D	10 µg
Vitamina E	5 mg
Vitamina C	20 mg
Tiamina	0.5 mg
Riboflavina	0.8 mg
Niacina	9 mg
Vitamina B <sub>6</sub>	0.9 mg
Ácido Fólico	50 µg
Vitamina B <sub>12</sub>	1 µg
Calcio	800 mg
Hierro	12 mg
Yodo	50 –70 µg*
Zinc	10 mg

\* no es un valor de referencia, se presenta la ingesta recomendada por día.

(Codex Alimentarius, 1991)

La adición de vitaminas y minerales deberá efectuarse teniendo en cuenta las condiciones nutricionales y sanitarias del lugar, así como los requisitos estipulados por

la legislación nacional. Al establecerse las especificaciones para la premezcla de compuestos vitamínicos y sales minerales, deberá tenerse en cuenta el contenido de vitaminas y minerales de los otros ingredientes utilizados en el preparado alimenticio. Existe una norma que presenta las vitaminas y minerales de los que se puede elegir para este tipo de alimentos, es la *Lista de Referencia de Sales Minerales y Compuestos Vitamínicos para Uso en los Alimentos para Lactantes y Niños Pequeños (CAC/GL 10-1979)* (Codex, 1991).

## **B. CEREALES**

Desde el punto de vista de alimentación y nutrición, los cereales constituyen una fuente importante de calorías y por su relativo alto consumo, también aportan cantidades altas de proteínas y otros nutrientes. El aporte de calorías a la dieta es debida, en alto grado, a su almidón con contenidos entre 60 a 75%, que es completamente disponible; el nivel de proteína de los cereales es relativamente bajo, entre 6 a 11%. La utilización biológica de la proteína es baja, principalmente porque contienen niveles bajos de los aminoácidos esenciales, como lisina y triptofano en el maíz, lisina y metionina en el trigo y lisina y treonina en el arroz. Esta deficiencia, que por lo general se agrava con el procesamiento, es responsable del bajo valor biológico de la proteína en los cereales (Bressani, 1988).

### **Maíz (*Zea mays L.*)**

El maíz es el cereal más importante dentro de las dietas de las personas de Centro América que constituye una rica fuente de calorías.

La composición de los granos de maíz cambia dependiendo de la variedad, su cantidad de proteína oscila entre 8 y 10.88%, contiene aproximadamente 3.5% de grasa y 2% de fibra cruda (Matz, 1991).

Las proteínas del maíz son de mala calidad, esto es debido a que la zeína, que se encuentra en el endospermo, es deficiente en aminoácidos esenciales tales como la lisina (Bressani, 1957).

Otro nutrimento de importancia en el maíz lo constituyen los carotenos. Estos pigmentos son fuente de vitamina A y se les conoce como provitamina A o carotenos. El más abundante en el maíz amarillo es el beta-caroteno que teóricamente puede dar origen a dos moléculas de vitamina A y la criptoxantina que contribuye con solamente

una molécula de vitamina A. Todas las sustancias nutritivas del maíz son de importancia, debido a su gran consumo (Bressani, 1957).

## **C. LEGUMINOSAS**

Las leguminosas tienen un contenido promedio doble de proteína en relación con los cereales. Son una fuente rica en proteínas y calorías y son muy consumidas debido a su alta estabilidad de almacenamiento, pues no son alimentos perecederos como las verduras (de Oliveira, 1973).

Algunas limitaciones de la calidad nutricional de las leguminosas son: la baja cantidad de aminoácidos azufrados como metionina y cistina que tiene la proteína y la presencia de inhibidores de proteasa. Dichos inhibidores disminuyen la digestibilidad de las proteínas de las leguminosas, pero casi siempre se destruye una parte o completamente durante la cocción (Mathews, 1989).

Las semillas de las leguminosas muestran una digestibilidad baja por las proteínas, que induce una leve absorción de los aminoácidos, igual pasa con las grasas. Los granos crudos se caracterizan por tener factores tóxicos, siendo algunos mortales para los humanos y animales. Estos factores también son la causa de la disminución en cuanto a la cantidad de consumo. Dichos compuestos tóxicos pueden destruirse en la mayoría de los casos por calentamiento, con lo cual aumenta el valor nutritivo del alimento. La destrucción de compuestos tóxicos específicos depende del tiempo y temperatura de calentamiento, al igual que la humedad de la muestra (Gómez *et al.*, 1973).

### **Gandul (*Cajanus cajan*)**

Estudios de la composición química del gandul indican que la variedad tiene una influencia significativa en su composición química. Entre las variedades se encuentra un contenido de proteína de 19.8% a 23.6%, metionina de 1.2% a 1.9% y de triptofano de 0.43% a 0.62% (Nwokolo, 1996).

De acuerdo con Bressani *et al.* (1986), los valores en la composición química entre muestras tiernas y maduras de gandul acusaron solamente pequeñas diferencias en grasa, ceniza, fibra cruda y proteína. El contenido de grasa es aproximadamente de 1.9% , el de ceniza de 4.2% y de fibra cruda está entre 7.9 y 8.1%. Como la mayoría de leguminosas el gandul es deficiente en aminoácidos azufrados.

### **Piloy (*Phaseolus coccineus*)**

Según estudios realizados por Calderón *et al.* (1992), el contenido de proteína de esta leguminosa fluctúa entre 24.0 y 33.9% siendo el aminoácido limitante la metionina. También se obtuvieron resultados de 13.9% de humedad, 2.06% de grasa y un 6.8% de fibra cruda.

Como todas las leguminosas, el piloy posee factores antinutricionales los cuales quedan destruidos o inactivados por procesos térmicos. Calderón *et al.* (1992) asegura que si el piloy se somete a más tiempo de cocción, su razón proteína neta disminuirá.

## **D. OLEAGINOSAS**

### **Ajonjolí (*Sesamun indicum*)**

El ajonjolí constituye un producto agrícola importante por la obtención de aceite de la semilla. Según estudios realizados por Zagui y Bressani (1969), el contenido de aceite en la semilla oscila entre 50.7% hasta 60.2% dependiendo de la variedad y el de la proteína fluctúa entre 17.9 y 21.1%. La proteína es deficiente en lisina, aunque sí constituye una fuente buena de metionina.

Además de ser una fuente buena de proteínas, el ajonjolí es considerado buen ingrediente para la elaboración de alimentos por el aporte calórico de su alto contenido de aceite.

### **Soya (*Glycine max*)**

La soya es considerada uno de los cultivos más valiosos del mundo. La soya es una fuente extremadamente rica en proteína y grasa y una buena fuente de energía, vitaminas y minerales. A pesar de su bajo contenido de carbohidratos (30%), su aporte de energía es debido al abundante aceite que se encuentra en la semilla (Nwokolo, 1996).

Existen varios productos derivados de la soya en el mercado los cuales varían en su composición nutricional. La soya cruda, contiene aproximadamente un 36% de proteína, mientras un concentrado de proteína de soya alcanza valores de 50%. El contenido de agua entre estos se mantiene entre 5 y 8%. El contenido de grasa de la soya cruda se encuentra alrededor de 20% y la fibra cruda en 5% (Nwokolo, 1996).

El perfil de aminoácidos de la soya muestra que posee el doble de proteína y aminoácidos en comparación con la mayoría de legumbres utilizadas como alimento humano. Con la excepción de aminoácidos sulfurados del que la soya es deficiente, existe suficientes de otros aminoácidos esenciales. La alta concentración de lisina coloca a la proteína de la soya en un lugar superior entre las proteínas vegetales (Nwokolo, 1996).

## **E. AMARANTO**

El amaranto (*Amaranthus*) es un pseudo cereal que pertenece a la clase Dicotiledónea (Matz, 1991). La importancia del amaranto radica en el alto contenido de proteína y su alto nivel de de los aminoácidos esenciales lisina, triptofano y aminoácidos azufrados; a diferencia de los cereales. El contenido de lisina cumple con el 99%, la treonina 95%, el triptofano 120% de las referencias de la FAO. A pesar de que el contenido de leucina es bajo, la investigación no demuestra que ésta sea un aminoácido limitante (Canjura, 1987; Ortiz, 1995).

El grano de amaranto, aparte de aportar un alto contenido de aminoácidos, contribuye en la nutrición con un alto contenido de proteína de buena calidad. El 35% del total de las proteínas se encuentra en el endospermo y el 65% en el germen y la cáscara (Matz, 1991). No sólo la alta composición de proteína es una ventaja sobre el resto de granos; sino que mejor aún, la calidad proteica del amaranto aumenta con el procesamiento térmico, cualquiera que éste sea (Bressani *et al*, 1992). El contenido de lípidos va desde 6 hasta 7.6% del cual, alrededor del 77% son ácidos grasos insaturados con alta proporción de ácido linolénico (Matz, 1991).

Los granos contienen un promedio de 15% de proteína (Bressani, 1989). También según Matz, 1991, el amaranto contiene aproximadamente un 17.7% de fibra y de cenizas un 3.2%.

## **F. BANANO**

La pulpa del banano (*Musa*) contiene cerca de 70 por ciento agua y el resto son principalmente carbohidratos. Cien gramos de banano producen 100 calorías. Posee muy poco contenido de grasas (0.35%) y proteínas (1.24%), pero es una buena fuente de vitaminas. El contenido de estos nutrientes varía de la siguiente manera cuando es deshidratado para la fabricación de harinas: con un 11.4% de humedad, se encuentra

4.88% de proteína, 0.20% de grasa, 2.90% de fibra cruda y un 3.70% de cenizas (Bressani *et al.* 1961).

La importancia del banano es la disponibilidad que hay de éste en territorio guatemalteco, por lo que se le considera un ingrediente que vale la pena agregar en este estudio.

## **G. FORMAS DE PROCESAMIENTO**

### **Cocción**

La cocción en húmedo es probablemente el proceso más común utilizado para preparar alimentos tanto en el hogar como industrialmente. Los factores antinutricionales de las leguminosas son inactivados por el proceso de cocción. En los frijoles comunes dichos factores son destruidos en aproximadamente 90 minutos, lo que resulta en un incremento en la calidad de la proteína. De cualquier modo excederse en el tiempo de cocción resulta en una progresiva pérdida del valor nutricional debido a la pérdida de lisina. La cocción húmeda se puede realizar bajo presión lo que reduce el tiempo de exposición comparado con la cocción a presión atmosférica (Bressani *et al.*, 1982).

Los preparados alimenticios a base de cereales, legumbres y/o semillas oleaginosas molidos, sin más elaboración, requieren una cocción prolongada durante la preparación del alimento para gelatinizar las partes amiláceas y/o eliminar los factores antinutritivos presentes en las legumbres. La cocción mejora la digestibilidad y absorción de nutrientes y esteriliza el alimento (Codex Alimentarius, 1991).

El requerimiento de tiempo de cocimiento es una función del tiempo, temperatura y contenido de humedad del grano (Bakker, 1973).

### **Tostado**

El tostado es una técnica interesante pues tiene el especial atributo de desarrollar atractivos sabores en los alimentos (Bressani *et al.*, 1982). El tostado (calentamiento en seco) mejora el aroma mediante la dextrinización del almidón. Mejora también la digestibilidad y contribuye a reducir la voluminosidad de los preparados alimenticios. Además, destruye los microorganismos e insectos y reduce la actividad enzimática, con lo cual mejoran las propiedades de conservación (Codex Alimentarius, 1991)

El tostado resulta en un producto de igual o mejor calidad proteica que los procesados por cocción (Bressani, 1982).

## **H. SISTEMA CEREAL-LEGUMINOSA-OLEAGINOSA**

Las leguminosas no sólo contienen aproximadamente 2.5 más de proteína que los cereales, sino también cantidades amplias de lisina, aminoácido deficiente en la proteína del cereal. Este, por su lado, contiene un poco más de aminoácidos azufrados que la leguminosa; por consiguiente, existe una complementación entre sus proteínas cuando se consumen juntas (Bressani, 1979).

Por otro lado la semilla de ajonjolí crea el efecto suplementario junto con leguminosas por considerarse buena fuente de metionina y mala de lisina, aminoácido encontrado en buena cantidad en las leguminosas.

## **I. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES EN GUATEMALA**

### **Maíz amarillo**

Tiene una producción anual de 102,000 – 105,000 tm/año. Su cultivo se realiza principalmente en el occidente del país (20,000 a 26,000 hectáreas por departamento). La época de cosecha es en los meses de febrero, marzo y octubre (MAGA, 2001).

Precio de la harina de maíz degerminada obtenida ya elaborada: Q 69.89 por quintal.

### **Ajonjolí**

Su producción anual es de 32,813 tm/año, cultivado en el sur y suroccidente del país. La época de cosecha es de noviembre a enero (MAGA, 2001).

### **Banano**

Se producen aproximadamente 1,000,000 tm/año (FAO,2003) en las áreas de Escuintla e Izabal con 8,000 hectáreas por departamento (MAGA, 2001).

### **Soya**

Producción anual: 4,000 – 4,200 tm/año (MAGA, 2001)

Para los demás materiales no se encuentran datos en el ministerio de agricultura de producción anual o disponibilidad en el país.

## **IV.OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un alimento de alto valor nutritivo para niños entre 6 y 24 meses de edad con base en la evaluación de cinco mezclas alimentarias con materias primas disponibles en el país (maíz, leguminosas, ajonjolí, amaranto y banano) de bajo costo y culturalmente aceptables.

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Preparar harinas de leguminosas con los diferentes métodos propuestos: cocción y tostado.
2. Preparar cinco mezclas vegetales, cereal (maíz)/leguminosa (piloy o gandul)/oleaginosa, cereal/amaranto/piloy, banano/leguminosa (piloy o gandul).
3. Realizar puebas sensoriales para determinar cuál de las mezclas tiene mayor aceptación.
4. Analizar física, química y biológicamente cada una de las formulaciones.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **A. MATERIAS PRIMAS**

#### **Harina degerminada de maíz**

El material utilizado para la preparación de las formulaciones es una harina de origen industrial. El procedimiento de elaboración consiste en procesar el grano de maíz para eliminar la cáscara (5 – 8 % del peso del grano) y eliminar el germen (8 – 10 %) simultáneamente. De este proceso se obtienen dos productos, la semola y la harina de maíz. Esta es la harina de maíz utilizada en la preparación de las formulaciones del presente estudio y no recibe ningún otro tratamiento.

#### **Harina de gandul**

El grano de gandul es escaldado por 5 minutos con vapor a 98°C. Luego se seca con aire a 60°C y se descascara con una pulidora de discos por 10 minutos. El grano así perlado puede utilizarse en crudo transformándolo en una harina y cociéndola antes de su consumo. El grano puede ser cocido en agua hirviendo por 20 – 30 minutos para luego secarlo y molerlo dando como resultado una harina de 60 – 80 mesh. Otra alternativa de procesamiento es la tostación, lo cual se logra sometiendo el grano a una temperatura de 180°C por 10 minutos con agitación. Una vez tostado se transforma en harina de 60 – 80 mesh.

#### **Harina de piloy**

Este ingrediente se puede producir de una manera similar a la descrita para la harina de gandul, dando origen a una harina cruda, una harina cocida o una harina tostada.

#### **Ajonjolí**

El ajonjolí fue utilizado luego de darle una buena tostación por 3 – 4 minutos a una temperatura de 180°C. Una vez frío fue introducido en la formulación que al ser sometida a molienda, incorpora el ajonjolí eficientemente en la mezcla. Este ingrediente también se puede obtener en el mercado procesado con el fin de eliminarle la cáscara.

### **Harina de soya**

Este ingrediente, que es el único entre todos que no se produce localmente se ha preparado tostado o se han obtenido productos comerciales disponibles en el mercado. Las formas utilizadas fueron: 1) soya tostada y 2) harina de soya 50% proteína. Para la obtención de harina de soya tostada, el grano fue sometido a tostación por 3 – 4 minutos a una temperatura de 180°C. Se enfrió rápidamente, y luego se descascaró el grano con una pulidora de discos. El grano descascarado fue luego molido. La harina de soya 50%, es de origen industrial.

### **Harina de banano verde**

La fruta verde se somete a un escaldado por 5 – 10 minutos, para remover fácilmente la cáscara. El fruto sin cáscara fue rodajeado con un grosor de 2 – 3 milímetros, las rodajas que fueron roceadas con una solución de ácido ascórbico al 0.5%, para evitar empardamiento. Las rodajas se someten a deshidratación con aire a 65 – 70°C y luego se muelen para dar una harina de 60 – 80 mesh.

### **Harina amaranto**

El amaranto fue cocinado en agua por 10 – 15 minutos, fue secado en el deshidratador de gabinete y luego fue molido a 60 – 80 mesh. Este ingrediente también puede utilizarse crudo moliendo el grano a una granulometría de 60 a 80 mesh. Así mismo, el grano puede ser expandido con calor a 180 – 210 °C por 30 segundos. El producto se muele para dar una harina de 60 – 80 mesh.

## **B. FORMULACIONES**

Las formulaciones presentadas fueron propuestas según el puntaje químico de proteína que cada uno de los ingredientes aporta. De esta manera se realizó el cálculo para obtener una complementación de las proteínas.

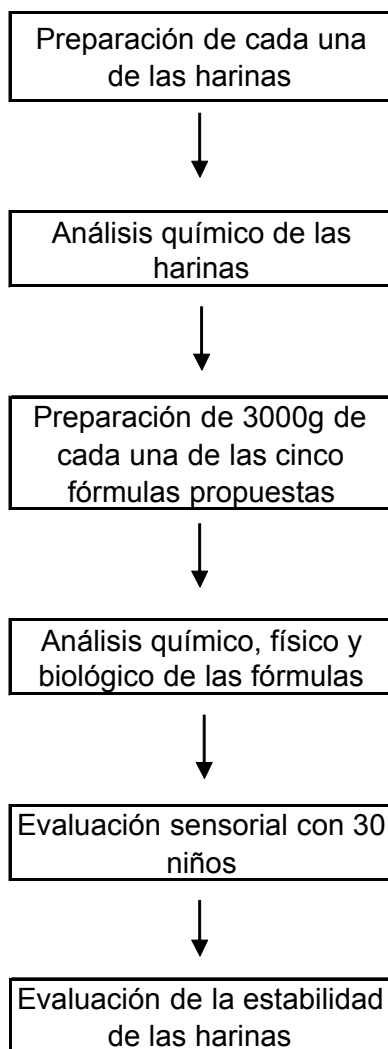
**Tabla No 3**  
**Porcentaje de cada ingrediente para las cinco fórmulas propuestas**

INGREDIENTE	FÓRMULAS				
	1	3	6	8	9
Harina degerminada de maíz	55	60	0	0	35
Harina de gandul cocido	25	0	22	0	25
Harina de soya	5	5	14	14	0
Harina soya íntegra	0	0	0	0	5
Harina integral de ajonjolí	15	15	15	15	0
Harina de piloy cocido	0	20	0	22	0
Harina de banano verde	0	0	49	49	0
Harina de amaranto cocido	0	0	0	0	20
Harina de ajonjolí tostado	0	0	0	0	15

### **C. EQUIPO**

- Balanza: Detecto 6P37. Detecto Scales, Inc. Brooklin, N.Y. USA. Capacidad 1000 libras
- Escaldador
- Cortadora de cuchillas: Chin Ying Fa Mechanical. Eng. Co. Ltd.
- Deshidratador de gabinete: Corbett Industries, Inc. Serial # 12805. Model # EC-404-6.
- Autoclave (planta piloto)
- Tostador
- Molino

## D. PROCEDIMIENTO



## E. ANÁLISIS QUÍMICOS

### 1. Harinas

- Humedad: por el método 14.004 del AOAC (1984)
- Grasa (extracto etéreo): por el método 14.018 del AOAC (1984)
- Proteína: por el método Kjeldahl 2.057 del AOAC (1984)
- Fibra cruda
- Cenizas
- Carbohidratos: por diferencia.

## 2. Mezclas con ingredientes crudos, leguminosas tostadas

- Humedad: por el método 14.004 del AOAC (1984)
- Grasa (extracto etéreo): por el método 14.018 del AOAC (1984)
- Proteína: por el método Kjeldahl 2.057 del AOAC (1984)
- Fibra cruda
- Cenizas
- Carbohidratos: por diferencia.
- Calorías: en bomba calorimétrica.
- Acidez titulable
- pH

## F. ANÁLISIS FÍSICOS

### 1. Granulometría

- a. Pesar 50g dos veces y poner sobre tamiz No. 20 junto con los tamices 30, 45, 60, 80 y 100 para medir la distribución de tamaño de partícula.
- b. Después de agitar por 20 minutos, pesar la cantidad que queda arriba de cada tamiz y la que pasa 100 mesh.

### 2. Absorción de agua

- a. Pesar 2.5 gramos de harina y agregar 30 mL de agua destilada a 30°C.
- b. Agitar suavemente por 30 minutos.
- c. Centrifugar a 3000 rpm por 10 minutos. Separar sobrenadante con cuidado.
- d. Secar el sobrenadante y pesar.
- e. Pesar el gel y calcular WAI como peso de gel/gramo de muestra seca.
- f. Peso de los sólidos secos sobre 2.5 g de muestra por 100 (WSI).

### 3. Consistencia

- a. Pesar 10g de alimento y poner en beaker de 150-200 cc.
- b. Adicionar 100 mL de agua.
- c. Cocinar por 10 minutos, enfriar a 30°C.
- d. Medir la consistencia en el consistómetro Bostwick.

#### 4. Sedimentación

- a. Pesar 5.7g de alimento y colocar en beaker.
- b. Adicionar 90 mL de agua y agitar suavemente para suspender los sólidos.
- c. Medir la sedimentación cada 10 minutos por 30 minutos a temperatura ambiente. Repetir pero después de 10 minutos de cocción.

#### 5. Retención de sólidos en mesh 30 después de cocción

- a. Utilizar el atol elaborado para la prueba de sedimentación.
- b. Pasar suspensión por tamiz 30 mesh, recolectar líquido que paso, secar y pesar.
- c. Expresar el valor por 100 del peso de muestra.

#### 6. Densidad

- a. Pesar 50g de alimento y ponerlos en un cilindro de 100 cc.
- b. Medir volumen natural.
- c. Golpear el cilindro suavemente por 2-3 minutos.
- d. Medir volumen.
- e. Expresar ambas mediciones en g/cc.

### **G. ANÁLISIS SENSORIAL**

1. Preparación de los atoles. Se pesaron 125 g de cada formulación de atol, a cada uno se le adicionó de 118 g de azúcar y una pizca de sal. Se disolvieron en 300 ml de agua fría, revolviendo hasta homogenizar para posteriormente ser adicionados cada uno a 1800 ml de agua hirviendo. Se dejaron hervir durante 15 minutos. Se mantuvieron en termos hasta el momento de su evaluación, pues se sirvieron calientes.

2. Evaluación sensorial de aceptabilidad con niños. Un grupo aproximadamente de 30 escolares de 7 a 10 años de edad participaron en un test de aceptabilidad de 6 grupos de formulaciones empleando una escala hedónica simplificada. Los grupos se conformaron con tres atoles diferentes, repitiendo en todos ellos la formulación 1. La escala hedónica empleada tuvo tres categorías:

- me gusta
- ni me gusta ni me disgusta
- me disgusta

3. Evaluación sensorial de preferencia con niños. Se realizó según el diseño presentado en la prueba de aceptabilidad. Los niños debían señalar el orden de preferencia de las tres formulaciones de atol evaluadas en cada uno de los grupos, anotando en primer lugar el atol que más preferían. Los resultados fueron analizados por ranking totales y comparados con los valores de las Tablas de Kramer.

## **H. ENSAYO BIOLÓGICO**

Se utilizaron ratas distribuidas según su peso entre las dietas experimentales, ocho por grupo (cuatro hembras y cuatro machos). Los animales estuvieron alojados en jaulas individuales de tela metálica. Se les suministró agua y el alimento durante 14 días. Se registraron semanalmente los cambios de peso. Como proteína control se utilizó la caseína y se utilizó también una dieta libre de nitrógeno (DLN). El nivel de proteína se ajustó a un 10%. Las ratas se pesan al inicio del estudio, luego a los siete días y a los 14 días para finalizar. Durante los últimos siete días se recolectan materias fecales cuantitativamente para establecer la digestibilidad de la proteína de los alimentos bajo estudio. La calidad proteínica se evaluó por la Razón Proteínica Neta (NRP). También se determinó el PER (razón eficiencia proteica).

## **VI. DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **A. UNIDAD EXPERIMENTAL**

1. Materias primas: Se trabajó con harina de maíz degerminada nacional, harina de maíz tostado; piloy, gandul, amaranto, banano verde, ajonjolí producidos localmente y harina de soya y harina de soya integral.

2. Fórmulas con las leguminosas procesadas por cocción.

### **B. TAMAÑO DE MUESTRA**

Se elaboró 3000 gramos de cada fórmula, distribuyendo 1340 para evaluación biológica, 1060 para análisis sensorial, 200 para análisis químico y 400 para estabilidad en almacén.

### **C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

De los análisis químicos, físicos y biológicos se trabajaron en duplicado y se realizó el cálculo de media y desviación estándar.

Del análisis sensorial se realizó análisis de varianza.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La formulación de las mezclas se basó en los datos de puntaje químico de las proteínas de cada uno de los ingredientes seleccionados. Estos ingredientes fueron utilizados por su calidad nutricional y por su complementación al ser consumidos juntos. Uno de los primeros pasos fue preparar las harinas de los materiales según los procedimientos descritos en la sección de materiales y métodos.

### A. PREPARACIÓN DE LOS INGREDIENTES

**Tabla No. 4**

**Rendimiento deshidratado de banano**

<b>Banano con cáscara Kg</b>	<b>Banano deshidratado Kg</b>	<b>% Cáscara</b>	<b>% Rendimiento</b>
66.5	10.25	38.35	15.41
87	12.7	52.58	14.60

**Tabla No. 5**

**Rendimiento preparación de gandul y piloy**

<b>Material</b>	<b>Peso inicial Kg</b>	<b>Peso seco</b>	<b>% Rendimiento</b>
Piloy	3	2.48	82.70
Gandul	3	2.79	93.20
Gandul	2	1.84	92.38

Como se muestra en la tabla No. 4, el rendimiento de la preparación de harina de banano es bastante bajo, aproximadamente 15%. Este resultado era de esperarse por el porcentaje de cáscara y el de humedad que posee el banano. Por otro lado, el gandul y el piloy presentaron mucho mejores rendimientos, 92 y 82.7% respectivamente, rendimientos que se pueden mejorar controlando mejor las condiciones de cocción, presión y temperatura, para lograr un grano cocido completo, sin que se pierda mucho material con este proceso. La cocción de las dos leguminosas se realizó bajo presión para lograrla en un menor tiempo y así para asegurar la calidad de la proteína. También se consideró el proceso de tostación para preparar harinas de soya, maíz y ajonjolí, pues si se realiza bajo condiciones controladas, este proceso

ayuda a mejorar la calidad y digestibilidad de las proteínas, además se considera importante el sabor que este proceso le imprime a los materiales.

## B. CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES EN INGREDIENTES

### Cereal: Maíz

**Tabla No. 6**  
**Harina de maíz**

	<b>Harina degerminada</b>	<b>Harina tostada</b>
Humedad	12.29 ± 0.06	5.28 ± 0.26
Proteína	6.19 ± 0.36	10.49 ± 0.67
Grasa	5.37 ± 0.36	5.04 ± 0.33
Fibra cruda	1.3 ± 0.12	4.09 ± 0.01
Cenizas	0.31 ± 0.08	1.22 ± 0.03
CHO (por diferencia)	74.54 ± 0.53	73.88 ± 0.79

En lo referente a los análisis químicos, se pueden observar por ejemplo, los resultados del maíz (Tabla No. 6). Según Matz, 1991, el contenido de nutrientes varía dependiendo de la variedad, la proteína debe oscilar entre 8 y 10.88%, el resultado en el caso de la harina degerminada fue de 6.19%, siendo mayor en el maíz tostado, la que alcanza un 10.49%. La proteína del maíz es deficiente en aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina por lo que debe de ser siempre complementada con la proteína de leguminosas a fin de que las dos provean la cantidad y calidad de proteína que satisfaga las necesidades de los niños. Los resultados también muestran una diferencia importante en el contenido de fibra cruda en las dos harinas de maíz utilizadas, 1.3% en el maíz degerminado y 4.09% en el tostado. Es importante considerar el aporte de carotenos del maíz, principalmente en el maíz amarillo, pues estos pigmentos son fuente de vitamina A.

## Amaranto

**Tabla No. 7**  
**Harina de amaranto cocido**

Humedad	8.94 ± 0.29
Proteína	19.42 ± 0.19
Grasa	7.14 ± 0.81
Fibra cruda	3.90 ± 0.06
Cenizas	2.18 ± 0.00
CHO (por diferencia)	58.42 ± 0.88

El amaranto posee un 19.42% de proteína y un 7.14% de grasa, por lo que fue considerado para complementar las proteínas del maíz, pues el contenido de aminoácidos como lisina, treonina y triptofano cumplen con el 99, 95 y 120% de las referencias de la FAO. El amaranto fue sometido al proceso de cocción a temperatura ambiente, según Bressani, 1992, la calidad de la proteína de amaranto aumenta con cualquier procesamiento térmico que sea utilizado.

## Leguminosas

Como menciona Mathews, 1989, las leguminosas poseen limitaciones nutricionales, como la presencia de inhibidores de proteasas que disminuye la digestibilidad de las proteínas. En nuestro caso las leguminosas utilizadas fueron procesadas por medio de cocción (píloy y gandul) y tostación (soya), de esta manera se asegura la destrucción de estos inhibidores, lo que aumenta el valor nutritivo del alimento.

**Tabla No. 8**  
**Harina de gandul cocido**

Humedad	15.49 ± 0.02
Proteína	22.04 ± 0.52
Grasa	2.14 ± 0.12
Fibra cruda	6.40 ± 0.18
Cenizas	3.39 ± 0.06
CHO (por diferencia)	50.54 ± 0.57

**Tabla No. 9**  
**Harina de piloy cocido**

Humedad	7.19 ± 0.05
Proteína	24.52 ± 0.11
Grasa	2.10 ± 0.11
Fibra cruda	5.45 ± 0.11
Cenizas	4.69 ± 0.18
CHO (por diferencia)	56.05 ± 0.27

En el caso de las leguminosas, tablas No. 8 y No. 9, los resultados en cuanto a proteína fueron como se esperaban, aproximadamente el doble comparado con el cereal, 21.24% para el gandul y 24.81% para el piloy. El contenido de humedad también es aceptable comparado con datos teóricos, lo que hace entender que el tiempo y temperatura de secado utilizados fueron los adecuados, igualmente con el banano. Estas dos leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados. Como se mencionó anteriormente es importante el control en el tiempo, temperatura y presión al someter estas leguminosas al cocción, no sólo para mejorar el rendimiento, sino para mantener la razón proteínica neta, pues ésta tiende a descender cuando se incrementa el tiempo de cocción en el piloy.

## **Banano**

**Tabla No. 10**  
**Harina de banano**

Humedad	9.64 ± 0.01
Proteína	4.53 ± 0.03
Grasa	2.85 ± 0.30
Fibra cruda	2.04 ± 0.06
Cenizas	2.35 ± 0.00
CHO (por diferencia)	78.59 ± 0.31

El banano formó parte de las formulaciones debido a que es un producto de fácil adquisición por su gran producción en el país. Esta fruta puede sustituir al maíz en las formulaciones pues tienen niveles de proteína, minerales y vitamina similares a los

cereales (Bressani, 1961). Los resultados así lo demuestran, contiene solamente un 1.5% menos de proteína que la harina degerminada de maíz. Por esta razón también se ajustó el porcentaje de harina de soya en las formulaciones que contienen banano.

## Oleaginosas

**Tabla No. 11**

### Ajonjolí

Humedad	3.51 + 0.01
Proteína	20.62 + 0.32
Grasa	61.42 + 0.16
Fibra cruda	3.51 + 0.11
Cenizas	2.53 + 0.03
CHO (por diferencia)	8.41 + 0.38

Por otro lado la semilla de ajonjolí se utilizó por el efecto suplementario que crea junto con las leguminosas por considerarse buena fuente de metionina y mala de lisina, fue utilizado también por su aporte calórico debido a su contenido alto en aceite, según los resultados en la tabla No. 11, fue de 61.41%. Según Zagui y Bressani, 1969, las diferentes variedades de ajonjolí tienen cantidades de grasa que oscilan entre 50.7% hasta 60.2%. Se observa que se está utilizando la variedad con mayor cantidad de aceite.

**Tabla No. 12**

### Harina de soya

	<b>Soya tostada</b>	<b>Harina de soya</b>
Humedad	2.79 ± 0.43	8.48 ± 0.01
Proteína	32.80 ± 1.02	46.22 ± 0.91
Grasa	20.66 ± 0.97	3.82 ± 0.03
Fibra	10.36 ± 0.04	3.60 ± 0.04
Cenizas	5.12 ± 0.24	6.34 ± 0.05
CHO (por diferencia)	28.27 ± 1.49	31.54 ± 0.91

La soya también fue analizada de dos formas, una como harina de soya integral y otra como concentrado de proteína desgrasada. Por esta razón se observan los resultados en la tabla No. 12 muy diferentes en proteína 32.80% para la tostada y 46.22% para la concentrada, grasa, 20.66% para la tostada y 3.82% para la desgrasada y fibra cruda 10.36% en la tostada (es una soya íntegra) y 3.60 para la harina desgrasada.

### C. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LAS FORMULACIONES

Según el Codex Alimentarius (1991) los preparados alimenticios para niños de seis meses a tres años deben contener 15% de proteína, 400 cal/100 g, como se muestra en la tabla No. 1, y el cómputo de aminoácidos corregido de acuerdo con la digestibilidad verdadera de las proteínas brutas no debe ser inferior al 70% del de la caseína. Los cálculos para la formulación de estas cinco mezclas se basaron en patrones de referencia de nutrientes y el contenido de éstos en cada uno de ingredientes.

**Tabla No. 13**  
**Composición química proximal de las formulaciones**

<b>Fórmula</b>	<b>Humedad</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Fibra Cruda</b>	<b>Carbohidratos por diferencia</b>	<b>Kcal /100 g</b>
<b>1</b>	<b>9.99 ± 0.02</b>	16.39 ± 0.25	14.42 ± 0.21	1.54 ± 0.71	4.75 ± 0.16	52.91 ± 0.80	424.7
<b>3</b>	9.49 ± 0.07	16.08 ± 0.13	14.00 ± 0.42	1.90 ± 0.09	3.56 ± 0.16	<b>54.97 ± 0.48</b>	440.2
<b>6</b>	8.99 ± 0.08	17.06 ± 0.00	15.63 ± 0.05	3.06 ± 0.20	5.81 ± 0.04	49.45 ± 0.05	434.2
<b>8</b>	7.08 ± 0.62	<b>18.59 ± 0.06</b>	<b>16.32 ± 0.39</b>	<b>3.26 ± 0.39</b>	9.51 ± 0.04	45.24 ± 0.83	<b>453.3</b>
<b>9</b>	8.31 ± 0.14	18.26 ± 0.14	15.51 ± 0.33	2.25 ± 0.01	<b>10.46 ± 0.05</b>	45.21 ± 0.15	421.2

Las formulaciones son mezclas del maíz, combinado con gandul y piloy, de banano con gandul y piloy y la de maíz (en menor porcentaje) con amaranto. Al

observar la tabla No. 13 se observa que el contenido de proteína en todas las formulaciones sobrepasa el 15% requerido por la normativa internacional. Los valores varían desde 16.08 % para la fórmula 3, que es la que contiene maíz y piloy, hasta 18.59%, la de banano con gandul. La de amaranto también es ligeramente mejor en proteína 18.26%, que las que tienen mayor cantidad de maíz. En general, todas las mezclas tienen un porcentaje bastante aceptable de proteína. Al igual que la proteína, los contenidos de grasa y las calorías son ligeramente mayores que el requerido. Los valores de grasa van desde 14.00% para la fórmula 3 a 16.32% para la fórmula 4 y un valor promedio de 434.72 Kcal/100g de todas las formulaciones. En cuanto a la fibra cruda, dos de las fórmulas, las que incluyen harina degerminada de maíz, tienen valores aceptables para alimento de niños entre 6 meses y 3 años, 5g máximo. El resto de las fórmulas 3,4 y 5 tienen 5.81, 9,51 y 10.46g respectivamente. Esta situación no significa que sean mezclas de menor calidad o que tengan que ser desechadas, sino que pueden ser formulaciones utilizadas en la alimentación de niños mayores.

También es necesario tomar en cuenta la adición de suplementos de vitaminas y minerales para que el preparado cumpla con los patrones de referencia del Codex Alimentarius.

**Tabla No. 14**  
**pH y acidez**

<b>Formulación</b>	<b>pH</b>	<b>Índice acidez</b>
<b>1</b>	6,71 ± 0,15	54,85 ± 1,57
<b>3</b>	6,72 ± 0,16	60,14 ± 2,06
<b>6</b>	6,20 ± 0,01	78,64 ± 8,28
<b>8</b>	6,20 ± 0,01	90,11 ± 18,19
<b>9</b>	6,57 ± 0,52	36,65 ± 2,76

El pH no varía mucho, presentando un valores más neutros las que tienen maíz y las más bajas las de banano. El pH fue medido en el producto hecho atol. Los atoles tuvieron una composición de 0.062 g/mL. En cuanto a la acidez, las de banano

presentan los valores mayores. De cualquier forma la fórmula de amaranto presentó un índice de acidez menor, lo que podría indicar una mejor estabilidad.

**Tabla No.15**  
**Granulometría**

Fórmula	Mesh 20 g	Mesh 30 g	Mesh 45 g	Mesh 60 g	Mesh 80 g	Mesh 100 g
<b>1</b>	1,65 ± 0,92	2,20 ± 0,14	6,65 ± 0,64	15,15 ± 0,64	60,95 ± 6,15	8,10 ± 4,95
<b>3</b>	0,60 ± 0,28	2,30 ± 0,57	6,40 ± 0,28	23,60 ± 2,26	65,30 ± 3,82	1,70 ± 0,28
<b>6</b>	1,30 ± 0,00	4,25 ± 0,92	18,60 ± 0,00	21,50 ± 3,25	45,05 ± 5,44	0,75 ± 0,35
<b>8</b>	1,60 ± 0,57	4,40 ± 0,28	21,90 ± 1,27	35,10 ± 2,97	26,80 ± 8,49	0,00 ± 0,00
<b>9</b>	3,20 ± 0,57	10,00 ± 0,00	20,70 ± 0,14	27,00 ± 1,70	33,60 ± 0,28	0,30 ± 0,42

**Tabla No. 16**  
**Propiedades físicas de las formulaciones**

Fórmula	WAI	WSI %	Densidad 1* g/cc	Densidad 2** g/cc	Retención Mesh 30 %	Consistencia cm/min
<b>1</b>	2.80 ± 0.04	8.73 ± 0.42	0.48 ± 0.01	0.58 ± 0.05	46.97 ± 16.22	7.60 ± 2.83
<b>3</b>	2.83 ± 0.18	10.20 ± 0.18	0.47 ± 0.00	0.62 ± 0.07	56.38 ± 4.16	8.95 ± 3.46
<b>6</b>	3.95 ± 0.25	10.44 ± 0.78	0.45 ± 0.03	0.56 ± 0.05	54.29 ± 4.43	14.78 ± 4.28
<b>8</b>	2.04 ± 0.00	4.89 ± 6.92	0.50 ± 0.00	0.63 ± 0.07	48.35 ± 1.42	15.38 ± 0.18
<b>9</b>	3.09 ± 0.13	11.89 ± 1.15	0.52 ± 0.03	0.68 ± 0.05	61.22 ± 3.91	14.38 ± 2.30

\* Densidad del polvo suelto.

\*\* Conocida como bulk density.

También fueron evaluadas propiedades físicas. Entre las propiedades físicas cabe mencionar un parámetro del cual no se obtuvieron los resultados deseados. La granulometría muestra porcentajes altos de tamaño de Mesh menores de 80, cuando en este tipo de producto, por ejemplo la Incaparina, se espera el tamaño de partícula para 120 mesh 69% y retiene 21% arriba de éste (Bressani, 1996). Estos problemas en

tamaño de partícula tienen repercusión directa en los atributos sensoriales de las formulaciones preparadas como atoles.

La granulometría puede afectar además otras propiedades físicas (tabla No. 16). La densidad es un parámetro importante por razones de empaque, entre otras, la cual varía dependiendo de la granulometría. Se obtuvieron resultados entre 0.56 a 0.68 de bulk density, cuando para harinas como la Incaparina es de 0.67 (0.62 – 0.67) (Bressani, 1996). Los valores obtenidos cambiarían si se obtuviera una mejor molienda y la granulometría fuera la adecuada.

La consistencia, tabla No. 16, se midió utilizando un consistómetro donde se mide el tiempo en que recorre el atol preparado un centímetro. Los atoles fueron preparados de la misma forma que fueron utilizados para la medición de pH y para la evaluación sensorial (125 g en 2 litros = 0.062 g/mL). La consistencia se ve disminuida en las formulaciones hechas con banano, debido a su bajo contenido de almidón, por esta razón las de maíz mostraron una consistencia más viscosa. Este parámetro es importante debido a que la norma presenta las cantidades de macronutrientes para 100g de alimento, por lo que esta cantidad debe suministrarse en dosis de dos o más comidas diarias y también debe tomarse en cuenta que la consistencia repercute directamente en la aceptación de la bebida. Para cumplir con este requerimiento, los niños deberían de consumir 1.6 litros de alimento diario. También podría considerarse la preparación de papillas con estas harinas, con las que se podrían utilizar los 100 gramos en 1 litro.

La retención en mesh 30, se realizó con atoles preparados para simular su paso por el agujero de un biberón. El atol preparado como anteriormente se indicó, se dejó pasar sobre un mesh 30, solamente utilizando la fuerza de gravedad. Los porcentajes estuvieron entre 46.97 y 61.22%, de atol que pasó. En este tipo de pruebas como consistencia y retención es importante controlar la temperatura pues los resultados se pueden ver afectados.

**Tabla No.17**  
**Sedimentación de las formulaciones crudas**

Formulación	Tiempo		
	10 minutos	20 minutos	30 minutos
	ml sedimento		
1	17,50 ± 0,71	19,00 ± 0,00	19,25 ± 0,35
3	17,00 ± 0,00	19,00 ± 0,00	19,50 ± 0,71
6	23,00 ± 0,00	24,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00
8	26,00 ± 0,00	26,00 ± 0,00	27,00 ± 0,00
9	28,50 ± 0,71	28,50 ± 0,71	28,50 ± 0,71

La medición inicial (tiempo 0) fue de 100 mL.

**Tabla No. 18**  
**Sedimentación formulaciones cocidas**

Formulación	Tiempo		
	10 minutos	20 minutos	30 minutos
	ml sedimento		
1	86,50 ± 3,54	86,50 ± 3,54	86,50 ± 3,54
3	84,50 ± 6,36	84,50 ± 6,36	84,50 ± 6,36
6	80,50 ± 2,12	78,50 ± 2,12	77,00 ± 2,83
8	76,50 ± 4,95	74,50 ± 4,95	74,00 ± 4,24
9	91,50 ± 3,54	90,00 ± 4,24	89,00 ± 4,24

La medición inicial en tiempo 0 es igual a los 10 min.

La sedimentación de las formulaciones crudas no presentó diferencia entre las formulaciones, solamente una sedimentación rápida en los primeros minutos. La sedimentación de las formulaciones ya cocidas no se vio afectada con el tiempo. Aunque se observa una variación entre las fórmulas, las de maíz no variaron en lo absoluto. La diferencia entre la sedimentación de las diferentes harinas cocidas, es

debido a sus ingredientes, especialmente al maíz y al banano. Todas las fórmulas fueron preparadas con el mismo procedimiento y cocidas en el mismo tiempo.

## D. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS FORMULACIONES

La evaluación sensorial fue realizada en niños de edad escolar para medir la aceptabilidad y la preferencia. Las cinco formulaciones presentadas en este trabajo de investigación fueron evaluadas junto con otras siete creadas con el mismo propósito y, en la tabla No. 19 se encuentran enumeradas todas. En esta tabla se observa que todas tienen buena aceptación. En la tabla de preferencia se aprecia que la fórmula No. 1, es significativamente preferida en dos de las cinco sesiones. Es posible que la preferencia se deba al sabor familiar que ésta formulación presentó, por su sabor a maíz. Además es una de las formulaciones que mejor textura presentó pues la harina de maíz fue adquirida ya molida.

**Tabla No. 19**  
**Test de aceptabilidad**

Grupo	Atoles	Frecuencia de respuestas		
		Me gusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta
1	1	32	0	1
	2	33	0	0
	3	32	0	1
2	1	30	0	0
	4	28	0	2
	5	32	0	0
3	1	29	0	2
	6	29	0	3
	7	30	1	1
4	1	25	1	1
	8	20	1	6
	9	21	1	5
5	1	25	2	2
	10	23	4	4
	11	26	4	1
6	1	25	4	3
	10	24	1	7
	12	29	2	1

**Tabla No. 20**  
**Test de preferencia**

Grupo	Atoles	Frecuencia de primera preferencia	Formulación de atol preferida por grupo
1	1	13*	1 <sup>ns</sup>
	2	10	
	3	10	
2	1	9	5 <sup>ns</sup>
	4	9	
	5	12*	
3	1	17*	1*
	6	4	
	7	11	
4	1	14*	1*
	8	10	
	9	3	
5	1	9	10 <sup>ns</sup>
	10	13*	
	11	9	
6	1	13*	12*
	10	2	
	12	16	

ns = no significativo

\* = significativo a nivel del 5%

## E. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEÍNICA DE LAS FORMULACIONES

**Tabla 21**  
**Composición de las dietas experimentales (g %)**

Ingrediente	Mezclas	Caseína	DLN
<b>Mezcla</b>	67	-	-
<b>Caseína</b>	-	10	-
<b>Minerales*</b>	4	4	4
<b>Vitaminas**</b>	1	1	1
<b>Aceite</b>	5	5	5
<b>Almidón</b>	23	80	90
<b>Total</b>	100	100	100

\* AIN-76, \*\* AIN-76A. Dyets Inc.

**Tabla 22**  
**Aumento en peso, digestibilidad, PER y NPR de las**  
**formulaciones y de caseína**

<b>Alimento</b>	<b>Aumento en peso promedio, g</b>	<b>PER</b>	<b>NPR</b>	<b>Digestibilidad</b>
<b>1</b>	52.13 ± 6.51	<b>3.04 ± 0.11</b>	<b>3.51 ± 0.12</b>	84.60 ± 0.82
<b>3</b>	45.88 ± 7.95	2.55 ± 0.10	3.18 ± 0.23	<b>86.12 ± 1.75</b>
<b>6</b>	<b>70.62 ± 11.70</b>	2.99 ± 0.22	3.33 ± 0.16	80.41 ± 1.07
<b>8</b>	55.00 ± 7.25	2.72 ± 0.23	3.07 ± 0.19	79.14 ± 1.44
<b>9</b>	58.50 ± 7.37	2.81 ± 0.10	3.13 ± 0.18	85.00 ± 1.55
<b>Caseína</b>	63.25 ± 7.69	3.25 ± 0.20	3.54 ± 0.27	95.24 ± 0.16

Para evaluar la calidad de las proteínas y su digestibilidad se realizaron evaluaciones biológicas de los alimentos formulados. Los cálculos realizados para formular no toman en cuenta el tratamiento térmico al que fueron sometidos los ingredientes, lo que podría reducir su valor nutritivo. Por esta razón se prepararon las dietas presentadas en la tabla No. 21. Se determinó el NPR, PER y la digestibilidad aparente presentados en la tabla No. 22. El contenido de proteína de las cinco formulaciones se encuentra entre 10.8 y 13.6% y la de caseína contenía 11.1%. El aumento en peso por día, la ingestión de alimento y la conversión alimenticia fueron aceptables para todas las formulaciones. Cabe mencionar que presentaron ligera superioridad en PER y NPR las formulaciones con gandul comparadas con las de piloy, pero en general se considera a todas, mezclas de alta calidad proteínica. La digestibilidad también presenta resultados satisfactorios en todas las formulaciones

Como primer paso de un posible proceso de producción es muy importante la correcta limpieza de los granos. La limpieza podría realizarse de varias formas: limpieza con viento, limpieza con zarandas manuales, limpieza con ventilador, limpieza con zarandas cilíndricas rotativas o limpieza con ventilador y zarandas. Luego dependiendo del material se siguen los pasos siguientes. El escaldado, para descascarar los granos de gandul y piloy para su posterior cocción en autoclave, secado y molido. El escaldado del banano, para su descascarado que debe ser manual para su posterior rodajado, secado y molido. En ambos casos el escaldado puede realizarse con vapor.

Si el maíz fuera recibido en grano, al igual que la soya y el ajonjolí, pasaría a un tostador que debe de ser de lecho térmico o uno donde se pueda controlar bien la temperatura y el tiempo de tostado y que sea parejo en todo el grano, esto para evitar daños a la proteína. El amaranto sólo necesitaría limpiado para su cocción, que puede ser a temperatura ambiente, para luego secarlo y molerlo.

Es importante el control de ciertos parámetros en el proceso. El tiempo y temperatura de todos los procesos térmicos para evitar el deterioro nutricional de los materiales. Además es muy importante controlar el mesh de las harinas ya molidas, pues como vimos en los resultados influye mucho en las propiedades físicas.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Todas las formulaciones presentan resultados de proteínas, grasa y calorías, por encima de los valores estándares del Códex Alimentarius.
2. El contenido de fibra sobrepasa el valor recomendado por el Codex Alimentarius en las últimas tres formulaciones, por lo que pueden ser consideradas para la alimentación de niños mayores, pues su calidad proteínica es muy buena.
3. La fórmula 1 fue la preferida en dos de cinco sesiones, también presentó una textura más agradable al ingerirse como atol.
4. El PER, NPR y la digestibilidad de las proteínas dieron resultados muy buenos en todas las formulaciones.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Establecer parámetros de cocción para las leguminosas; que den buen rendimiento y que no disminuyan la calidad proteínica de las mismas. De igual manera para procesos como la tostación.
2. Mejorar la molienda para obtener resultados de tamaño de partícula adecuados.
3. Evaluar otras posibilidades para procesar las harinas de las leguminosas y así comparar los resultados de calidad proteínica por procedimiento. Se recomiendan los procesos de tostado y extrusión.
4. Realizar análisis de acidez, acidez de grasa y pH, para determinar la estabilidad de anaquel y conocer en qué momento empieza el deterioro de la mezcla.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC *Official Methods of Analysis*. 1984. 14<sup>th</sup> ed. Arlington, VA. US
2. Bressani, R. 1957. *Composición química de maíz*. Sección de Educación Nutricional.
3. Bressani, R., A. Aguirre, R. Arroyave y R. Jarquín. 1961. *La composición química de diversas clases de banano en la alimentación de pollos*. Turrialba. Volúmen 11. Págs 127-132.
4. Bressani, R. 1979. *El Sistema Alimentario Cereal - Leguminosa de Grano*. Interciencia. Volúmen 4. No. 5.
5. Bressani, R. 1982. *Effects on Nutritional Quality of Food Legumes*. Chemistry and World Food Supplies.
6. Bressani, R., R. Gómez Brenes y L. Elías. 1986. *Calidad nutricional de la proteína de gandul tierno y maduro y su valor suplementario a los cereales*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol XXXVI, No. 1.
7. Bressani, R. 1988. *Amaranth the nutritive value and Potencial uses of the Grain and by products*. Food and Nutrition Bulletin. Vol 10. No 2.
8. Bressani, R., A. Sánchez-Marroquín y F. Morales. 1992. *Chemical Composition fo grain Amaranth Cultivars and effects or Processing on their Nutritional Quality*. Food Rewies International. Vol 8. No 1
9. Bressani, R. 1996. *High Protein Quality Vegetables Mixtures for Human Feed*. En: Micronutrient interaction impact on child health and nutrition. USA & FAO. Washinton DC.
10. Bakker, F., R.J. Patterson, y C.L. Bedford. 1973. *Production of instant bean powders*. Michigan State University. En: Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods. Jaffé, W. Y J.E. Dutra de Oliveira (Ed.). Caracas, Archivos Latinoamericanos de Nutrición.

11. Calderón, E., L. Velásquez y R. Bressani. 1992. *Estudio Comparativo de la composición química del piloy (Phaseolus coccineus) y del frijol común (Phaseolus vulgaris)*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Volúmen 42. No. 1.
12. Canjura, F. 1987. *Evaluación de Harinas de Maíz Amarillo, Maicillo y Amaranto como sustitutos parciales de la Semolina de Trigo Duro en la elaboración de Pastas Alimenticias*. Universidad del Valle de Guatemala. 106 pps.
13. Codex Alimentarius. 1991. *Directrices sobre preparados alimenticios complementarios para lactantes de más edad y niños pequeños*. (CAC/GL 08-1991) [ftp://ftp.fao.org/codex/standard/es/CXG\\_008s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/standard/es/CXG_008s.pdf)
14. de Oliveira, J y W. Jaffé. 1973. *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas, Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 325 pps.
15. Gómez, R., L. Elías, M. Molina, G. De la Fuente y R. Bressani. 1973. *Changes in chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house cooking*. En: *Nutritional aspects of common beans and other legumes seeds as animal and human foods*. Jaffé, W. y J.E. Dutra de Oliveira (Ed.). Caracas, Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Págs. 93-108.
16. Mathews, R. 1989. *Legumes chemistry, technology and human nutrition*. New York, Marcel Dekker, Inc. 389 pp.
17. Matz, S. 1991. *The chemistry and Technology of Cereals as food and feed*. 2da ed. Van Nostrand Reinhold. N.Y. 751 pp.
18. Nwokolo, E. 1996. *Pigeon Pea (Cajanus cajan (L) Millsp)* Ch 5. En: *Food and Feed from Legumes and Oilseeds*, Nwokolo, E y J. Smartt (Ed.) Chapman & Hall.
19. Nwokolo, E. 1996. *Soybean (Glycine max (L) Merr.)*. Ch 8. En: *Food and Feed from Legumes and Oilseeds*, Nwokolo, E y J. Smartt (Ed.) Chapman & Hall.

20. Ortiz, A. 1995. *Desarrollo de un alimento para niños lactantes a base de grano de amaranto (Amaranthus cruentus)*. Universidad del Valle de Guatemala, 69 pps.
21. Zagui, S. y R. Bressani. 1969. *Uso de recursos alimenticios centroamericanos para el fomento de la industria animal. II. Composición química de la semilla y de la harina de torta de ajonjolí (Sesamun indicum)*. Turrialba. Volúmen 19. No. 1.